

## ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В СИЛЬНОТОЧНОМ РАЗРЯДЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В АРГОНЕ

Н. М. Владимирова, И. Д. Коньков,  
Р. Е. Ровинский и Н. В. Чебуркин

Проведенные ранее [1, 2] экспериментальные определения времени жизни и скорости возбуждения уровней  $4p^2D_{3/2}^0$  и  $4p^4D_{3/2}^0$  ионизованного аргона при различных режимах протекания разряда (плотности токов от 180 до 500 а/см<sup>2</sup>, рабочие давления от 0.2 до 1.5 тор) позволили, в частности, получить зависимости, приведенные на рис. 1. Графики вероятности расщепления исследовавшихся уровней  $A_{22}$  как функции скорости их возбу-

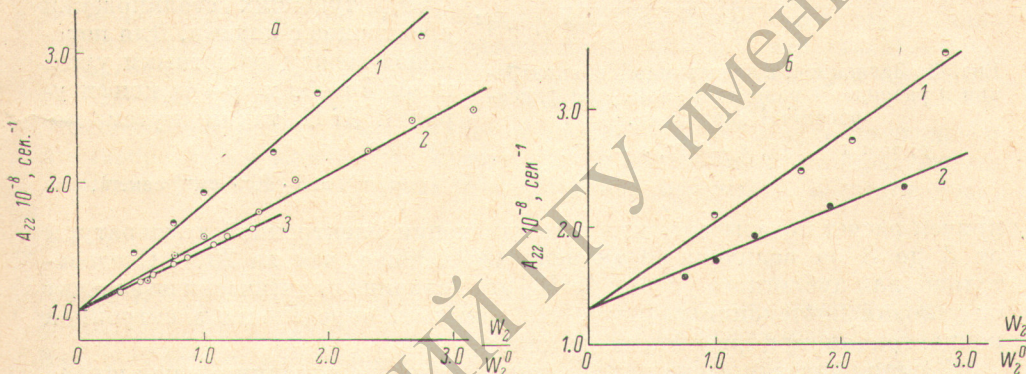


Рис. 1. Зависимость вероятности расщепления уровней ArII от скорости их возбуждения при фиксированном давлении.

*a* — уровень  $4p^2D_{3/2}^0$ : 1 —  $p = 1.07$ , 2 —  $p = 0.73$ , 3 —  $p = 0.33$  тор; *b* — уровень  $4p^4D_{3/2}^0$ : 1 —  $p = 1.33$ , 2 —  $p = 0.67$ . Величина  $W_2^0$  — скорость возбуждения при разрядном токе 9а.

ждения  $W_2$  строились при постоянном давлении, взятом в качестве параметра, причем величина  $W_2$  менялась в эксперименте за счет изменения плотности разрядного тока. Характер полученных зависимостей — линейный для обоих уровней, наклон прямых увеличивается с ростом давления. На оси ординат все относящиеся к данному уровню зависимости пересекаются в одной точке, соответствующей вероятности радиационного распада  $A_{22}^{\text{рад}}$  этого уровня. Известно [3, 4], что вероятность радиационного распада дублетного уровня Ar II равна  $\sim 10^8$  сек.<sup>-1</sup>, а квартетного  $\sim 1.3 \cdot 10^8$  сек.<sup>-1</sup>, поэтому на приведенных графиках рис. 1 выполнена абсолютизация значений полной вероятности распада исследуемых уровней.

Полная вероятность дезактивации уровня ионизованного аргона складывается из вероятности радиационного распада и вероятности безызлучательного расщепления за счет тушащих столкновений электронов с возбужденными ионами

$$A_{22} = A_{22}^{\text{рад}} + n_e \langle \sigma_T v_e \rangle, \quad (1)$$



где  $n_e$  — концентрация электронов в разряде,  $\sigma_T$  — эффективное сечение тушащих столкновений,  $v_e$  — скорость электронов; угловые скобки означают усреднение с учетом характера распределения электронов по скоростям. Используя приведенные на рис. 1 значения полной вероятности девозбуждения дублетного и квартетного уровней конфигурации  $4p$  ArII и известные значения вероятностей радиационного распада этих же уровней, с помощью соотношения (1) находится значение вероятности безызлучательного расселения при различных режимах разряда. На рис. 2 представлены результаты определения вероятности электронного разрушения уровня  $4p^2D_{3/2}^0$  в виде зависимости величины  $n_e \langle \sigma_T v_e \rangle$  от разрядного тока при трех различных давлениях.

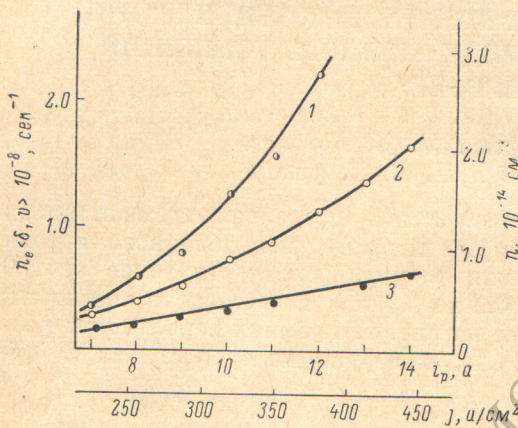


Рис. 2. Зависимости электронной концентрации в разряде от разрядного тока при фиксированных давлениях.

$p$ , тор: 1 — 1.07, 2 — 0.73, 3 — 0.33.

Полученные результаты при известных значениях величины  $\langle \sigma_T v_e \rangle$  позволяют определить концентрацию электронов в разряде. В работе [5] выполнены расчеты сечений электронного возбуждения для различных конфигураций ионизованного аргона. Используя приводимые в [5] данные, на основании принципа детального равновесия можно определить сечения  $\langle \sigma_T v_e \rangle$  тушащих столкновений электронов с ионами. Для переходов между дублетными уровнями  $4p-3d$  и  $4p-4s$  конфигураций Ar II таким путем получено

$$\langle \sigma_T v_e \rangle \approx 8 \cdot 10^{-7} \text{ см}^3 \text{ сек.}^{-1},$$

причем расчет показывает, что при изменении электронной температуры от 3 до 8 эв величина  $\langle \sigma_T v_e \rangle$  меняется меньше, чем на 20%. Следовательно, для дублетного уровня  $4p^2D_{3/2}^0$  эта величина практически не зависит от условий протекания разряда, что облегчает определение электронной концентрации при различных режимах.

С учетом сказанного на рис. 2 справа построена дополнительная шкала оси ординат, соответствующая оценке электронной концентрации  $n_e$ . Точность определения  $n_e$  целиком зависит от точности определения исходных значений  $\langle \sigma_T v_e \rangle$ , т. е. в данном случае от точности результатов работы [5].

Отсутствие данных, относящихся к сечению возбуждения квартетных уровней  $4p$ -конфигурации ArII, не позволяет выполнить аналогичные оценки электронной концентрации по нашим экспериментальным данным, относящимся к уровню  $4p^4D_{3/2}^0$ . Следует отметить, что при измерении времени жизни уровней  $4p$ -конфигурации ArII в работах [1, 2] осуществлялась регистрация модуляции спонтанного излучения разряда только из приосевой области трубки, поэтому полученные здесь оценки электронной концентрации также относятся к центральной области разряда.

#### Литература

- [1] Н. М. Владимирова, И. Д. Коньков, Р. Е. Ровинский, Н. В. Чебуркин. ЖЭТФ, 57, 1506, 1969.
- [2] Н. М. Владимирова, И. Д. Коньков, Р. Е. Ровинский, Н. В. Чебуркин. Опт. и спектр., 31, 169, 1971.
- [3] W. R. Bennett, P. J. Kindlmann, G. M. Mercer, J. Sunderland. Appl. Phys. Lett., 5, 158, 1964.
- [4] H. Statz, F. A. Horrigan et al. J. Appl. Phys., 36, 2278, 1965.
- [5] И. Л. Бейгман, Л. А. Вайнштейн, П. Л. Рубин, Н. Н. Соболев. Письма в ЖЭТФ, 6, 919, 1967.

Поступило в Редакцию 16 января 1971 г.